

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-293863

(43)Date of publication of application : 23.10.2001

(51)Int.Cl.

B41J 2/045

B41J 2/055

B41J 2/16

H02N 1/00

(21)Application number : 2000-110456

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 12.04.2000

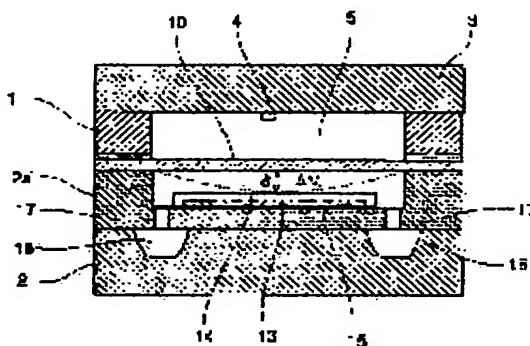
(72)Inventor : KOMAI HIROMICHI
ABE SHUYA

(54) LIQUID DROP EJECTION HEAD, INK JET RECORDER AND MICROACTUATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a liquid drop ejection head in which a stabilized displacement of a diaphragm is ensured through low voltage driving, an ink jet recorder mounting that head, and a microactuator in which a stabilized displacement of the diaphragm is ensured through low voltage driving, in an ink jet head and a microactuator for displacing the diaphragm with an electrostatic force generated by applying a voltage between the diaphragm and an electrode facing the diaphragm.

SOLUTION: An air chamber 16 is provided to communicate with a gap space 15 through a communication passage 17 having an opening in the bottom face of a recess in an electrode substrate 2 facing a diaphragm 10.



(11)特許出願公開番号

特開2001-293863

(P2001-293863A)

(43)公開日 平成13年10月23日(2001.10.23)

(51) Int.Cl.?

識別記号

FI

テーマート* (参考)

B 4 1 J 2/045

H0 2N 1/00

2C057

2/055

B 4 1 J 3/04

103A

2/16

103H

H02N 1/00

審査請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 8 頁)

(21)出願番号

特種2000-110456(P2000-110456)

(22) 出願日

平成12年4月12日(2000.4.12)

(71) 出題人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 駒井 博道

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

(72)発明者 阿部 修也

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

(74) 代理人 230100631

井 護 士 稻 元 富 保

Fターム(参考) 20057 AF55 AG12 AG54 AG55 AG99

AND1 AP02 AP32 AP33 AP53

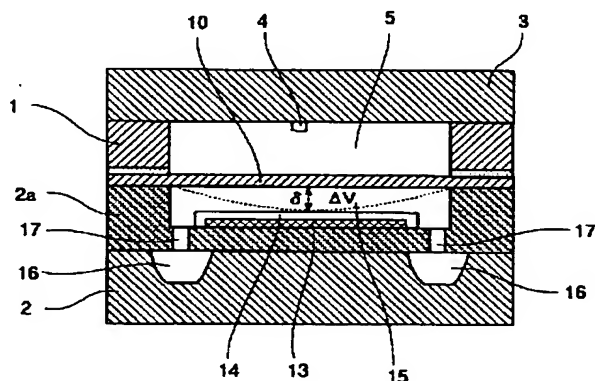
AP56 AQ02 BA03 BA15

(54) 【発明の名称】 液滴吐出ヘッド、インクジェット記録装置及びマイクロアクチュエータ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 振動板とこの振動板に対抗する電極との間に電圧を印加することで発生する静電力で振動板を変位させる、インクジェットヘッドおよびマイクロアクチュエータにおいて、低電圧駆動で安定した振動板変位が得られる液滴吐出ヘッド及びこのヘッドを搭載したインクジェット記録装置の提供、並びに低電圧駆動で安定した振動板変位が得られるマイクロアクチュエータの提供。

【解決手段】 電極基板２の振動板１０と対向する凹部底面に開口を有する連通路１７を介してギャップ空間１５に連通する空気室１６を設けた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 液滴を吐出するノズルに連通している液室の壁面を形成する振動板と、この振動板に対向する電極と、前記振動板を静電力で変形変位させて前記ノズルから液滴を吐出させる液滴吐出ヘッドにおいて、前記電極を設ける電極基板には前記振動板に略対向する部分に開口を有し、前記振動板と前記電極との間のギャップ空間に連通する空気室を設けたことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項2】 請求項1に記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記電極基板はシリコン基板に酸化膜層を形成してなり、前記空気室を前記電極基板のシリコン部分に形成し、この空気室の前記ギャップ空間に臨む開口を形成する連通路を前記酸化膜層に形成したことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項3】 請求項2に記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記酸化膜層に形成した連通路の幅よりも前記空気室の幅が広いことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれかに記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記空気室を振動板短手方向で複数個設けたことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれかに記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記空気室の容積 W と前記振動板が電極側に変形変位したとき排除される空気容積 ΔV との比 $W/\Delta V$ が少なくとも5以上であることを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項6】 請求項1乃至5のいずれかに記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記空気室はドライエッチングで等方的に形成されていることを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項7】 インク滴を吐出するインクジェットヘッドを搭載したインクジェット記録装置において、前記インクジェットヘッドが前記請求項1乃至6のいずれかの液滴吐出ヘッドであることを特徴とするインクジェット記録装置。

【請求項8】 振動板と、この振動板に対向する電極とを備えて、前記振動板を静電力で変形変位させるマイクロアクチュエータにおいて、前記電極を設ける電極基板には前記振動板と略対向する部分に開口を有し、前記振動板と電極との間のギャップ空間に連通する空気室を設けたことを特徴とするマイクロアクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は液滴吐出ヘッド、インクジェット記録装置及びマイクロアクチュエータに関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、プリンタ、ファクシミリ、複写装置、プロッタ等の画像記録装置（画像形成装置）として用いるインクジェット記録装置において使用する液滴

吐出ヘッドの1つであるインクジェットヘッドとして、インク滴を吐出するノズルと、このノズルが連通する液室（インク流路、加圧室、吐出室、圧力室、加圧液室等とも称される。）と、この液室の壁面を形成する振動板と、この振動板に対向する電極を有し、振動板と電極との間に電圧を印加することで発生する静電力により振動板を変形させて、液室内の圧力/体積を変化させることによりノズルからインク滴を吐出させる静電型インクジェットヘッドがある。

【0003】このような静電型インクジェットヘッドにあっては、低電圧駆動が要請されることから、例えば特開平6-71882号公報に記載されているように振動板と電極間の距離（ギャップ長）を $0.05 \sim 2.0 \mu\text{m}$ という微小ギャップにしなければならない。

【0004】ところが、このように振動板と電極との間ギャップが小さい場合、振動板変形時にギャップ内の空気圧力が上昇し、振動板の変形が阻害され、所望の変位量が得られず、所望の振動板変位量を得るためには、電圧の増加が必要になって低電圧化が困難となる、いわゆるエアードンパー効果が発生する。

【0005】そこで、従来の静電型インクジェットヘッドにおいては、特開平7-299908号公報に記載されているように振動板と電極によって形成されるギャップ空間（振動室）を含むアクチュエータを気密に構成し、このアクチュエータ容積 V と、振動板によって排除される容積 ΔV の比が $2 \leq V/\Delta V \leq 8$ の範囲に設定することが提案されている。

【0006】また、特開平11-34319号公報に記載されているように振動板直下以外の振動板基板と電極基板間のギャップを振動板直下の間隔より大きくし、アクチュエータ容積を大きくすることにより $V/\Delta V$ を大きくすることが提案されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しなしながら、上述した従来の静電型インクジェットヘッドのように振動板直下の振動室以外の部分の容積を増加させる構造としても、実際には、エアードンパー効果の影響を除くことは困難であった。

【0008】そこで、本発明者らは実験を繰り返したところ、アクチュエータ容積 V としては振動板直下の容積のみがエアードンパー効果の低減に大きな効果を及ぼし、振動板直下以外の容積を増加してもエアードンパー効果の低減効果が小さいことが判明した。これは、低電圧化を目的としてギャップを小さくした場合、ギャップが空気の平均自由行程である $0.06 \mu\text{m}$ に近づいたため、空気を連続した流体として取り扱えなくなるためである。

【0009】本発明は上記の課題及び知見に基づいてなされたものであり、低電圧駆動で安定した振動板変位が得られる液滴吐出ヘッド及びこのヘッドを搭載したイン

クジェット記録装置並びに低電圧駆動で安定した振動板変位が得られるマイクロアクチュエータを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明に係る液滴吐出ヘッドは、電極を設ける電極基板には振動板に対向する部分に開口を有し、振動板と電極との間のギャップ空間に連通する空気室を設けたものである。

【0011】ここで、電極基板はシリコン基板に酸化膜層を形成してなり、空気室を電極基板のシリコン部分に形成し、この空気室のギャップ空間に臨む開口を形成する連通路を酸化膜層に形成することが好ましい。この場合、酸化膜層に形成した連通路の幅よりも空気室の幅を広くすることが好ましい。

【0012】また、空気室を振動板短手方向で複数個設けることが好ましい。さらに、空気室の容積 W と振動板が電極側に変形変位したとき排除される空気容積 ΔV との比 $W/\Delta V$ が少なくとも5以上であることが好ましい。さらにまた、空気室はドライエッチングで等方的に

形成することができる。

【0013】本発明に係るインクジェット記録装置は、インク滴を吐出するインクジェットヘッドとして本発明に係る液滴吐出ヘッドを用いたものである。

【0014】本発明に係るマイクロアクチュエータは、電極を設ける電極基板の振動板と対向する部分に振動板と電極との間のギャップ空間が連通する空気室を設けたものである。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面を参照して説明する。図1は本発明を適用した静電型インクジェットヘッドの振動板長手方向の模式的断面説明図、図2は同ヘッドの振動板短手方向の模式的断面説明図、図3は同ヘッドの電極基板の平面図である。

【0016】この静電型インクジェットヘッドは、振動板基板1と、この振動板基板1の下面に接合した電極基板2と、振動板基板1の上面に接合した天板3とを備え、液滴であるインク滴を吐出するノズル4と、ノズル4に連通する液室5と、液室5に流体抵抗部6を介してインクを供給する共通液室7などを形成している。

【0017】振動板基板1には、ノズル4を形成するノズル溝と、液室5及びこの液室5の壁面（底面）となる振動板10を形成する凹部と、流体抵抗部6を形成する溝及び共通液室8を形成する凹部を形成している。

【0018】ここで、振動板基板1は、例えばシリコン基板を熱酸化膜を介して接合したSOI基板を用いることができ、液室5となる凹部をKOH水溶液などのエッチング液を用いてエッチングすることにより、このとき熱酸化膜がエッチングストップ層となって振動板10が高精度に形成される。

【0019】また、振動板基板1としては予めボロンが注入されたシリコン基板を用いることができ、KOH水溶液などのエッチング液を用いてエッチングする際に、高濃度ボロン拡散層がエッチングストップ層となり、振動板10を高精度に形成したものでよい。なお、振動板10に別途電極を形成してもよいが、不純物拡散などによって振動板が電極を兼ねることも可能である。

【0020】また、電極基板2にはシリコン基板を用いて熱酸化法などにより酸化膜層2aを形成し、この酸化膜層2aに凹部11を形成して、この凹部11底面に振動板10に所定のギャップをおいて対向する電極13を配置している。これらの振動板10と電極13によって静電力で振動板10を変形変位させる本発明に係るマイクロアクチュエータを構成している。

【0021】この電極13の表面には振動板10との接触による損傷などを防止するためにSiO₂膜などの酸化膜系絶縁膜、Si₃N₄膜などの窒化膜系絶縁膜からなる保護膜（絶縁膜）14を成膜しているが、電極13表面に保護膜14を形成しないで、振動板10側に絶縁膜を形成することもできるし、いずれにも保護膜14を形成しないこともできる。

【0022】そして、この電極基板2には振動板10に略対向する部分に、振動板10と電極13との間に形成されるギャップ空間（振動板が変位する空間であり、これを「振動室」と称する。）15に臨む開口を形成する連通路17を介して振動室15に連通する空気室16を形成している。

【0023】ここで、空気室16は電極基板2の熱酸化膜層2aを形成していないシリコン部分に形成し、連通路17は酸化膜層2aに形成した切り欠きとしている。また、空気室16は振動板短手方向で複数個（ここでは2個である）形成し、さらに、連通路17の幅よりも空気室16の幅を広くしている。

【0024】さらに、電極基板2と振動板基板1との間の開口部は振動室15内に水分等が浸入するのを防止するために封止剤19によって封止している。また、天板3には共通液室7に外部からインクを供給するためのインク供給口20を形成している。

【0025】このように構成したインクジェットヘッドにおいては、振動板10を共通電極とし、電極13を個別電極として、図1に示すようにドライバIC21から振動板10と電極13との間に駆動電圧を印加することによって、振動板10と電極13との間に発生する静電力によって振動板10が電極13側に変形変位し、この状態から振動板10と電極13間の電荷を放電させることによって振動板10が復帰変形して、液室5の内容積（体積）／圧力が変化することによって、ノズル4からインク滴が吐出される。

【0026】すなわち、個別電極とする電極13にパルス電圧を印加すると、共通電極となる振動板10との間

に電位差が生じて、個別電極13と振動板10の間に静電力が生じる。この結果、振動板10は印加した電圧の大きさに応じて変位する。なお、ここでは、振動板10が電極13に当接するまで変形変位する駆動電圧を印加している。その後、印加したパルス電圧を立ち下げることによって、振動板10の変位が復元して、その復元力により液室5内の圧力が高くなり、ノズル4からインク滴が吐出される。

【0027】ここで、振動板10と電極13間で構成されるギャップ空間である振動室15の容積 V は振動板10の短手方向長さを a 、長手方向長さを b 、ギャップ長を δ とすると、 $V=a \times b \times \delta$ となる。一方、振動板10の変形時の排除容積 ΔV は、 $\Delta V=8 \times a \times b \times \delta / 15$ となる。なお、ここでは、振動板10の変位量として δ を採用しているが、これは振動板10を電極13に当接させて駆動するいわゆる当接駆動方式の方が低電圧化、インク滴吐出量の均一化の点で優れるからである。

【0028】ところで、このような当接駆動方式の場合、空気室16を設けずに凹部11底面を平坦面としたとき（図4の例）、振動室15の容積（アクチュエータ容積） V と排除容積 ΔV の比 $V/\Delta V$ は、 $V/\Delta V=15/8$ で、2以下の値となる。ここで、実験を繰り返した結果、エアーダンパー効果は、アクチュエータ容積 V としては、振動板直下の振動室容積の増加のみが大きな効果を及ぼし、振動板直下以外の容積増加、即ち図1で示す配線用溝領域の容積による容積増加等の効果は小さいことが判明した。

【0029】そこで、この実施形態のように、電極基板2の振動板10に略対向する部分、すなわち、ここでは凹部11底面の電極13を形成しない部分に振動室15に臨む開口をなす連通路17を形成して、この連通路17を介して振動室15に連通する空気室16を設けることによって、実効的な振動室容積 V を大きくし、 $V/\Delta V$ の値を大きくすることができて、エアーダンパー効果を低減でき、低電圧駆動で安定した振動板変位を得ることができる。

【0030】この場合、空気室16を電極基板2内部に設けて連通路17を介して振動室15に連通させることで、電極形成面（凹部11底面）の面積の減少が少なく、電極形成面積が減少して静電力が低下することを回避できる。そして、空気室16の幅を連通路17の幅よりも広くすることで、大きな容積の空気室16を確保することができる。

【0031】ここで、この実施形態に係るインクジェットヘッドの具体例について製造工程を含めて説明する。電極基板2としては結晶面方位（100）のシリコン基板を用いて、熱酸化法で厚さ $2 \mu\text{m}$ の酸化膜層2aを形成した。そして、熱酸化膜層2aにドライエッチング法により振動室15となる凹部11を深さ $0.6 \mu\text{m}$ で形

成した。この凹部11の底面には厚さ $0.15 \mu\text{m}$ のTiNからなる電極13をスパッタリングにより成膜し、ドライエッチングによりパターンニングした。電極保護膜14として SiO_2 を厚さ $0.15 \mu\text{m}$ になるようにP-CVD法で成膜し、ドライエッチングによりパターンニングした。

【0032】次いで、凹部11底面の電極13周辺に幅 $4 \mu\text{m}$ 、振動板長さ 1mm に対して長さ 1.1mm の切り欠き（連通路17）をドライエッチングによりシリコン基板の熱酸化膜層2aがない領域に到達する深さまで形成した。その後、レジストパターンを形成して切り欠き部のみを露出させ、ドライエッチングを行うことにより、等方性エッチングで得られる形状とほぼ同じ形状の空気室16を形成した。

【0033】このとき、空気室16の大きさはエッチング時間で変化させることができ、空気室16の形状を台形で近似したとき、上辺長さ $16 \mu\text{m}$ 、下辺長さ $6 \mu\text{m}$ 、深さ $12 \mu\text{m}$ の空気室16とした。熱酸化膜層2aの切り欠き部（連通路17）容積を除いても、一つの空気室16の断面積は約 $132 \mu\text{m}^2$ であり、空気室全体の容積 W と排除容積 ΔV の比 $W/\Delta V$ は「12」を超える値となった。

【0034】一方、振動板基板1としてはシリコン基板が熱酸化膜を介して接合されたSOI基板を使用し、このSOI基板と電極基板2を温度 900°C の条件で直接接合した後、SOI基板の面方位（110）のSiをウェットエッチングによりエッチングして、液室5等となる凹部を形成すると同時に板厚 $3 \mu\text{m}$ の振動板10を形成した。

【0035】また、比較例として、図4に示すように空気室16及び連通路17を形成しないインクジェットヘッドを製作した。

【0036】そして、これらの各インクジェットヘッドのアクチュエータの振動変位量をレーザードップラー計で測定した。この結果、振動板10が電極13表面の保護膜14に当接を開始する電圧は、空気室16を設けた場合の方が約6V低く、空気室16が実質的にも振動室15として機能し、その効果の大きいことを確認した。

【0037】次に、本発明の他の実施形態について図5を参照して説明する。なお、同図は同実施形態に係るヘッドの振動板短手方向の模式的断面説明図である。この実施形態では、電極基板2にはシリコン基板を用いて熱酸化法などにより酸化膜層2aを形成し、この酸化膜層2aに振動板10に対応し、振動板10の最大変位量を規定するための第1凹部11aを形成し、この第1凹部11aの底面に複数の第2凹部11bを形成し、この第2凹部11bの底面に、振動板10に所定のギャップをおいて対向する電極13を配置している。

【0038】したがって、振動板10が変位したとき、振動板10は第1凹部11aの底面のうちの第2凹部1

10

20

30

40

50

1bが形成されていない残存部分に当接することで変位が規制される。すなわち、第1凹部11aの残存部分（振動板短手方向中央部分では第2凹部11b間の隔壁となる部分）は振動板10が当接する電極13より高い当接部22となる。

【0039】ここで、振動板10の短手方向での変位量は第1凹部11aの底面形状によって規定されることになる。この場合、振動板10を当接させる第1凹部11の底面形状（振動室15の電極側形状）を振動板10に当分布荷重が加わった場合の振動板変位分布に一致させている。すなわち、この第1凹部11aの底面の振動板短手方向での断面形状は、振動板10の変位量 δ として表わすとき、次の(1)式で示される形状にしている。これにより、振動室15の断面形状は振動板10側と電極13側の辺（面）が非平行な非平行ギャップとなり、この非平行なギャップに沿って電極13を配置する。

【0040】

【数1】

$$\delta = -\frac{wx}{24EI} (x-l)^2 \quad \cdots \cdots (1)$$

【0041】ただし、(1)式で、wは荷重、lは振動板10の短手方向の長さ、Eは振動板10のヤング率、Iは振動板10の断面二次モーメント、xは振動板10の短手方向の端部からの距離である。このように、非平行ギャップの電極側形状を振動板10に当分布荷重が加わった場合の振動板変位分布に一致させることで、更なる低電圧駆動化を図れるが、単純な傾斜面にすることもできる。

【0042】そして、この電極基板2には振動板10に対向する部分に振動板10と電極13との間に形成されるギャップ空間（振動室）15に第2凹部11b底面に形成した連通路17を介して連通する空気室16を形成している。ここで、空気室16は電極基板2の熱酸化膜層2aを形成していないシリコン基板の部分に形成していること、また、空気室16は振動板短手方向で複数個（ここでは4個）形成し、さらに、空気室16の幅を連通路17の幅より広く形成していることなどは前記実施形態と同様である。

【0043】このように構成したインクジェットヘッドにおいては、駆動電圧を印加することにより振動板10が変形変位して個別電極13に接触するが、前述したようにギャップが非平行ギャップであるので、振動板10は電極13との間のギャップ長が短い短手方向両端部から変位を開始し、振動板10が変位することで漸次電極13との間のギャップ長が短くなるので、低い駆動電圧で発生する静電力でも振動板13を変位させることができ、低電圧駆動化を図ることができる。

【0044】ところが、非平行ギャップにした場合、第2凹部11bや空気室16を設けしないで第1凹部11aの底面に沿って電極13を配置すると、振動板10は電

極13に接触しながら（実際には保護膜を形成するので保護膜表面に接触することになる）変形することになって、振動室15と排除容積 ΔV との比が略「1」に近い値となり、エアードンパー効果が極めて大きくなる。

【0045】これに対して、この実施形態のように第2凹部11bを形成してその底面に電極13を配置し、更に振動室15に連通する空気室16を設けることによって、実効的な振動室の容積を増加することができるので、非平行ギャップにした場合のエアードンパー効果を低減することができる。

【0046】ここで、具体例として、Si基板からなる電極基板2に2 μ m程度の酸化膜層2aを形成し、この熱酸化膜層2aにフォトリソ層を形成し、このフォトリソ層をフォトリソグラフィにより非平行なギャップ形状とし、このフォトリソ層をマスクとして熱酸化膜層2aをエッチングして、振動板10に対応して底面形状が前記(1)式で表される形状となる第1凹部11bを形成する。

【0047】そして、この第1凹部11bの底面にウエット又はドライエッチングによって複数の第2凹部11bを形成する。その後、第2凹部11bの底面に電極13となるTiN膜をスパッタリング法により0.15 μ mの厚みに成膜し、第2凹部11bの立ち上がり部との間に連通路17を形成する部分などを残してレジストパターンを形成し、ドライエッチングを行うことによって第2凹部11bの底面に所要の形状の電極13を形成する。

【0048】次いで、このTiN膜（電極13を含む）上に電極13を被覆する形状にレジストをパターンニングし、このレジストパターンと残存しているTiN膜とをマスクとして、第2凹部11bの底面に連通路17となる切り欠き部を熱酸化膜層2aにを通過するまで掘り込み、更にドライエッチングを行って空気室16を形成した。その後、前記実施形態と同様にしてインクジェットヘッドを完成した。

【0049】但し、ギャップは最大ギャップで0.3 μ mとし、切り欠き（連通路17）の幅を2 μ m、長さ1.1mmとし、空気室16は上辺長さ約10 μ m、下辺長さ約4 μ m、深さ約8 μ mの断面形状とした。一つの空気室16の断面積は約56 μ m²であり、空気室の全体の容積Wと排除容積 ΔV の比W/ ΔV は「10」を越える値となっている。

【0050】また、比較例として、第2凹部11bを設けなくて、第1凹部11a底面に沿って電極13を形成したインクジェットヘッドを製作した。なお、この場合には、電極13表面には前記実施形態と同様に保護膜を形成した。

【0051】そして、これらの各インクジェットヘッドについて振動変位量をレーザードップラー計で測定した。この結果、振動板10が電極基板に当接する電圧

10

20

30

40

50

は、空気室16を設けた場合の方が約10V低く、空気室16の効果の大きいことを確認した。また、空気室16のないアクチュエータの場合、駆動周波数を20KHz以上にすると振動変位が不安定になる現象が確認されたが、空気室16を設けた場合にはこのような周波数変化に対する振動変位の不安定現象がないことを確認した。

【0052】次に、各実施形態を含めて、空気室15の形成方法について説明すると、空気室15の形成にはドライエッチング法が適している。これは、シリコン基板のエッチングにはウェットエッチング法の採用も可能であるが、熱酸化膜の微細パターンを介してのシリコンエッチングを行う場合の形状の選択性からドライエッチングの方が優れており、ウェットエッチングの場合にはエッチング液の劣化に伴う液管理が必要であり、コスト高となる等の点からである。

【0053】また、空気室15は振動板10の短手方向に複数個配置することが好ましい。本発明者らは、空気室15を1個配置したアクチュエータと、同じ空気室容積となる複数の空気室15を持つアクチュエータを作製して、各アクチュエータの振動変位を比較したところ、複数の空気室15を持つアクチュエータの方が特に高周波数領域での振動変位安定性が優れることを確認した。

【0054】さらに、空気室15の容積は、切り欠き部（連通路）の振動板短手方向の幅、振動板長手方向の長さ、エッチング時間を変えることにより、大幅に変更することができる。そこで、空気室15の容積を変化させて振動変位を測定したところ、少なくとも空気室の容積Wと排除容積ΔVの比 $W/\Delta V$ が「5」以上にするのが好ましい。この比 $W/\Delta V$ が「5」未満では十分にエアダンパー効果を低減できないことがある。また、特に好ましくは比 $W/\Delta V$ を「10」以上にする。

【0055】次に、本発明に係るインクジェット記録装置について図6及び図7を参照して簡単に説明する。なお、図6は同記録装置の機構部の概略斜視説明図、図7は同機構部の側面説明図である。

【0056】このインクジェット記録装置は、記録装置本体31の内部に主走査方向に移動可能なキャリッジ、キャリッジに搭載した本発明に係る液滴吐出ヘッドであるインクジェットヘッドからなる記録ヘッド、記録ヘッドへのインクを供給するインクカートリッジ等で構成される印字機構部32等を収納し、装置本体31の下方部には前方側から多数枚の用紙33を積載可能な給紙カセット（或いは給紙トレイでもよい。）34を抜き差し自在に装着することができ、また、用紙33を手差しで給紙するための手差しトレイ35を開倒することができ、給紙カセット34或いは手差しトレイ35から給送される用紙33を取り込み、印字機構部32によって所要の画像を記録した後、後面側に装着された排紙トレイ36に排紙する。

【0057】印字機構部32は、図示しない左右の側板に横架したガイド部材である主ガイドロッド41と従ガイドロッド42とでキャリッジ43を主走査方向（図9で紙面垂直方向）に摺動自在に保持し、このキャリッジ43にはイエロー（Y）、シアン（C）、マゼンタ（M）、ブラック（Bk）の各色のインク滴を吐出する本発明に係る液滴吐出ヘッドであるインクジェットヘッドからなるヘッド44をインク滴吐出方向を下方に向けて装着し、キャリッジ43の上側にはヘッド44に各色のインクを供給するための各インクタンク（インクカートリッジ）45を交換可能に装着している。このインクカートリッジ45から前記インク供給口20を介してインクをヘッド44内に供給する。

【0058】ここで、キャリッジ43は後方側（用紙搬送方向下流側）を主ガイドロッド41に摺動自在に嵌装し、前方側（用紙搬送方向下流側）を従ガイドロッド42に摺動自在に載置している。そして、このキャリッジ43を主走査方向に移動走査するため、主走査モータ47で回転駆動される駆動プーリ48と従動プーリ49との間にタイミングベルト50を張装し、このタイミングベルト50をキャリッジ43に固定している。また、記録ヘッドとしてここでは各色のヘッド44を用いているが、各色のインク滴を吐出するノズルを有する1個のヘッドでもよい。

【0059】一方、給紙カセット34にセットした用紙33をヘッド44の下方側に搬送するために、給紙カセット44から用紙43を分離給装する給紙ローラ51及びフリクションパッド52と、用紙33を案内するガイド部材53と、給紙された用紙33を反転させて搬送する搬送ローラ24と、この搬送ローラ24の周面に押し付けられる搬送コロ55及び搬送ローラ54からの用紙33の送り出し角度を規定する先端コロ56とを設けている。搬送ローラ54は副走査モータ57によってギヤ列を介して回転駆動される。

【0060】そして、キャリッジ43の主走査方向の移動範囲に対応して搬送ローラ54から送り出された用紙33を記録ヘッド44の下方側で案内する用紙ガイド部材である印写受け部材59を設けている。この印写受け部材59の用紙搬送方向下流側には、用紙33を排紙方向へ送り出すために回転駆動される搬送コロ61、拍車62を設け、さらに用紙33を排紙トレイ36に送り出す排紙ローラ63及び拍車64と、排紙経路を形成するガイド部材65、66とを配設している。

【0061】また、キャリッジ43の移動方向右端側にはヘッド44の信頼性を維持、回復するための信頼性維持回復機構（以下「サブシステム」という。）67を配置している。キャリッジ43は印字待機中にはこのサブシステム67側に移動されてキャッピング手段などでヘッド44をキャッピングされる。

【0062】なお、上記各実施形態においては、本発明

に係る液滴吐出ヘッド及びマイクロアクチュエータとして静電型インクジェットヘッドに適用した例で説明したが、これに限るものではなく、例えば、インク以外の液滴、例えば、パターニング用の液体レジストを吐出する液滴吐出ヘッドにも適用でき、或いはマイクロアクチュエータとしてはマイクロモータのアクチュエータ部などにも適用することができる。

【0063】また、液滴吐出ヘッドとして、振動板変位方向とノズル滴吐出方向が直交するエッジシュータ方式で説明しているが、振動板変位方向とノズル滴吐出方向が同じになるサイドシュータ方式にすることもできる。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る液滴吐出ヘッドによれば、電極を設ける電極基板には振動板に略対向する部分に開口を有し、振動板と電極との間のギャップ空間に連通する空気室を設けたので、実効的なギャップ空間容積を増加できて、エアードンパー効果を低減でき、低電圧駆動で安定した振動板変位を得ることができる。

【0065】ここで、電極基板はシリコン基板に酸化膜層を形成してなり、空気室を電極基板のシリコン部分に形成し、この空気室のギャップ空間に臨む開口を形成する連通路を酸化膜層に形成することで、容易に空気室を形成することができる。この場合、酸化膜層に形成した連通路の幅よりも空気室の幅を広くすることで、電極形成面積が減少して静電力が低下することを防止できる。

【0066】また、空気室を振動板短手方向で複数個設けることにより十分なギャップ空間容積を確保することができ、特に高周波数駆動のときの振動板変位の安定性を向上することができる。さらに、空気室の容積 W と振動板が電極側に変形変位したとき排除される空気の容積 ΔV との比 $W/\Delta V$ が少なくとも5以上になるように*

* 空気室を形成することでエアードンパー効果をより確実に低減することができる。さらにまた、空気室はドライエッチングで等方的に形成することにより、空気室の形状選択が容易になる。

【0067】本発明に係るインクジェット記録装置によれば、インク滴を吐出するインクジェットヘッドとして本発明に係る液滴吐出ヘッドを用いたので、振動板変位のバラツキによる液滴吐出特性のバラツキがなくなり、安定して高画像品質を得ることができる。

【0068】本発明に係るマイクロアクチュエータによれば、電極を設ける電極基板の振動板と対向する部分に振動板と電極との間のギャップ空間が連通する空気室を設けたので、低電圧駆動で安定した振動板変位を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る静電型インクジェットヘッドの振動板長手方向の模式的断面説明図

【図2】同ヘッドの振動板短手方向の模式的断面説明図

【図3】同ヘッドの要部平面説明図

【図4】空気室を有しないインクジェットヘッドの振動板短手方向の模式的断面説明図

【図5】本発明の他の実施形態に係る静電型インクジェットヘッドの振動板短手方向の模式的断面説明図

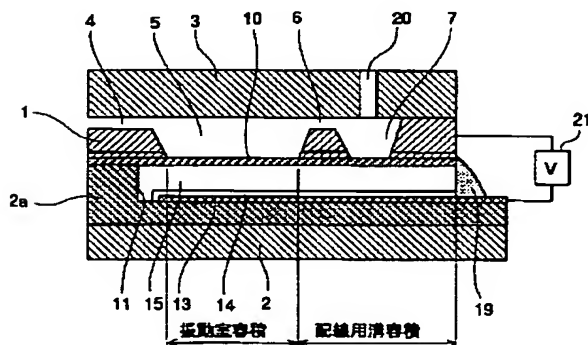
【図6】本発明に係るインクジェット記録装置の機構部を示す概略斜視説明図

【図7】同記録装置の側断面説明図

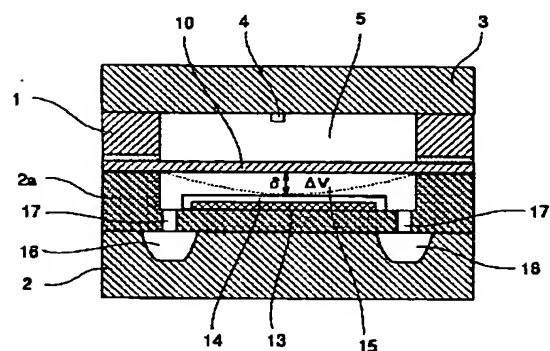
【符号の説明】

1…振動板基板、2…電極基板、3…天板、4…ノズル、5…液室、6…流体抵抗部、7…共通液室、10…振動板、11…凹部、13…電極、14…保護膜、15…振動室（ギャップ空間）、16…空気室、17…連通路、43…キャリッジ、44…ヘッド。

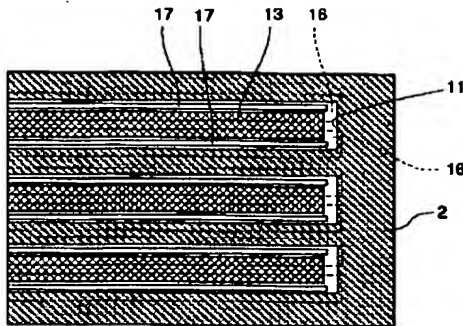
【図1】



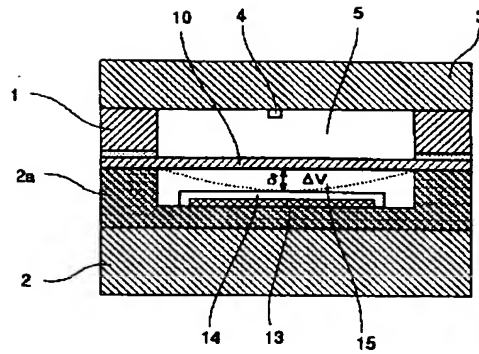
【図2】



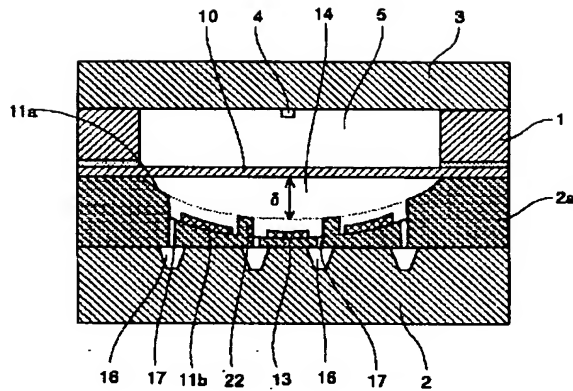
【図3】



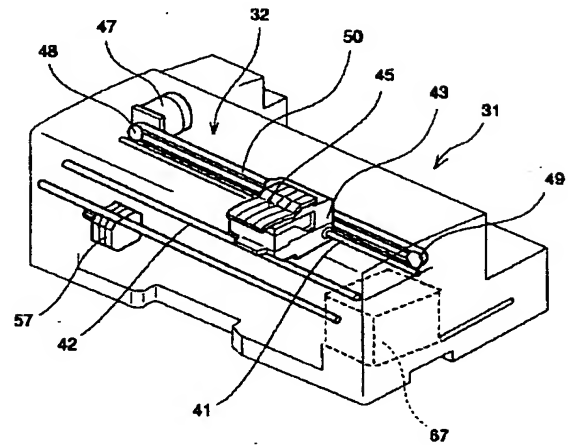
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

